

УДК 620.20

Е. А. Поволяева*, М. С. Озеров, С. В. Жеребцов

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород

**lizapovolyaeva@gmail.com*

Научный руководитель — доц., д-р техн. наук С. В. Жеребцов

ВЛИЯНИЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛ-МАТРИЧНОГО КОМПОЗИТА Ti–15 %Mo/TiB

Металл-матричный композит Ti-15Mo/TiB был получен искровым плазменным спеканием порошковой смеси Ti — 14,25 вес. % Mo — 5 вес. % TiB₂ при 1400 °C. Микроструктура и механические свойства композита были изучены после горячей прокатки при 1000 °C до истинной деформации ~0,7. Показано, что прокатка привела к значительному повышению пластичности композита без существенной потери прочностных характеристик.

Ключевые слова: металл-матричный композит, искровое плазменное спекание, микроструктура, механические свойства, деформация

E. A. Povolyaeva, M. S. Ozerov, S. V. Zhrebtsov

EFFECT OF HOT ROLLING ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF A Ti–15 %MO/TiB METAL–MATRIX COMPOSITE

A Ti–15Mo/TiB metal-matrix composite was obtained by the spark plasma sintering at 1400 °C; a powder mixture of Ti-14,25 (wt.) % Mo-5 (wt.) % TiB₂ was used. The microstructure and mechanical properties of the composite were studied after rolling samples heated to 1000 °C to a total true strain of ~ 0,7. It was found the rolling led to considerable increase in ductility without a significant loss of strength of the composite.

Key words: metal-matrix composite, spark plasma sintering, microstructure; mechanical properties, deformation

Титановые сплавы широко применяются в различных сферах промышленности благодаря сочетанию высокой удельной прочности и превосходной коррозионной стойкости [1]. Однако относительно

низкие значения прочности и твердости ограничивают их применение. Один из способов решения данной проблемы связан с созданием композитов на основе Ti, армированных упрочняющими волокнами [2–4], и последующей деформационно-термической обработки сплава.

В качестве исходного материала использовали порошки Ti (чистота 99,1 %), Mo (99,95 %) и TiB₂ (99,9 %) со средним размером частиц 25, 3 и 4 микрон соответственно. Наиболее оптимальное весовое содержание армирующего компонента TiB₂, обеспечивающего приемлемый баланс свойств, составляет 5 вес. %, что дает в ходе синтеза 8,5 об. % упрочнителя TiB игольчатой формы.

Искровое плазменное спекание смеси проводили на установке Thermal Technology SPS 10⁻³ со следующими параметрами процесса: температура синтеза $T = 1400$ °C, давление 40 МПа, время выдержки при заданной температуре 15 мин. Были получены образцы композита Ti–15Mo/TiB размером $\varnothing 39 \times 25$ мм. Образцы подвергались гомогенизационному отжигу в вакууме при температуре 1200 °C в течение 24 часов. Для горячей прокатки образцы композита нагревали до 1000 °C и затем прокатывали в неизотермических условиях до общей истинной деформации 0,7 (высотная деформация составляла 55 %) с обжатием за проход ~250 мкм. Для исследования влияния горячей прокатки при 1000 °C на механические свойства композита были проведены испытания на сжатие при комнатной температуре и испытания на растяжение при повышенных температурах.

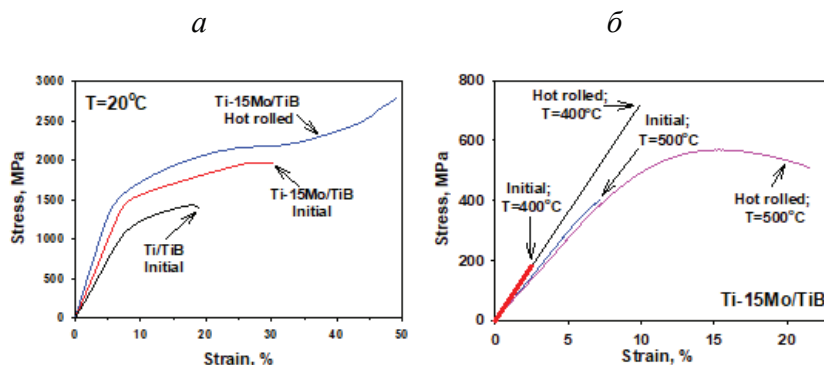
В исходном состоянии микроструктура композита Ti–15Mo/TiB представлена неоднородно распределенными нитевидными волокнами TiB в ОЦК β -титановой матрице. Размер поперечного сечения волокон TiB варьировался в широких пределах от сотен нанометров до нескольких микрон, при этом среднее значение составляло 400 ± 200 нм. Средняя длина волокон TiB была 5 ± 2 мкм. Средний размер зерен в ОЦК титановой матрице составлял 14 ± 6 мкм. На некоторых границах зерен наблюдались пластинчатые выделения мартенситной фазы α' . Распределение молибдена в структуре неоднородно и меняется в интервале 12–15 вес. %.

Была выполнена ДТО композита Ti–15Mo/TiB в соответствии с полученной деформационной картой.

Развитие микроструктуры композита в ходе горячей прокатки при 1000 °C было связано с вытягиванием ОЦК-зерен титановой матрицы и волокон TiB в направлении деформации. Средняя длина ните-

видных кристаллов TiB уменьшилась с 5 ± 2 в исходном состоянии до $3,0 \pm 1,2$ мкм после прокатки.

Композит после горячей прокатки показал значительное улучшение пластичности без существенной потери прочности и твердости. Горячекатаный образец не разрушался во время испытания на сжатие даже после уменьшения толщины на 45 %, тогда как в начальных условиях пластичность при сжатии составляла 22 %. Предел текучести композита составил ~ 1350 МПа при прочности равной ~ 2100 МПа (рис., а).



Кривые напряжения-деформации композита Ti–15Mo/TiB
в исходном состоянии и после горячей прокатки:

а — сжатие при комнатной температуре, б — растяжение при 400 и 500 °С

Кроме того, композит показал некоторое улучшение пластичности до ~ 12 % при повышенной температуре (500 °С) по сравнению с исходным условием, удлинение при растяжении которого не превышало 2 % (рис. б).

Фрактографический анализ показал существенную разницу в механизмах разрушения в исходном и горячекатаном состояниях. На поверхности разрушения исходного состояния наблюдались типичные для хрупкого разрушения фасетки скола с ручьистым узором. После горячей прокатки формировался ямочный излом, характерный для вязкого разрушения.

Литература

1. Leyens C., Peters M. Titanium and Titanium Alloys: Fundamentals and Applications. Wiley-VCH : Weinheim. Germany. 2003. P. 1–499.

2. Morsi K., Patel V. V., Mater J. Processing and properties of titanium-titanium boride (TiBw) matrix composites—A review // Science 2007. V.42. P. 2037–2047.
3. Development of low cost titanium matrix composite. In Advances in Titanium Metal Matrix Composites, the Minerals, Metals and Materials Society / T. Saito, T. Furuta, T. Yamaguchi, F. H. Froes, J. Storer // Eds. TMS: Warrendale, PA, USA. 1995. P. 33–44.
4. Godfrey T. M. T., Goodwin P. S., Ward-Close C. M. Titanium Particulate Metal Matrix Composites — Reinforcement, Production Methods, and Mechanical Properties // Adv. Eng. Mat. 2000. V. 2. P. 85–91.